CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC

Engenharia Elétrica

Trabalho de Conclusão do Curso

Percepção e suas funcionalidades para robô de inspeção em linhas de alta tensão

Apresentada por: Luciana Moreno Borges
Felipe Cafezeiro Plech

Orientador: Prof. Marco Reis, M.Eng.

Novembro de 2018

Luciana Moreno Borges
Felipe Cafezeiro Plech

Percepção e suas funcionalidades para robô de inspeção em linhas de alta tensão

Trabalho de Conclusão do Curso apresentada ao , Curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário SENAI CIMATEC, como requisito parcial para a obtenção do título de **Bacharel em Engenharia**.

Área de conhecimento: Interdisciplinar

Orientador: Prof. Marco Reis, M.Eng.

Salvador
Centro Universitário SENAI CIMATEC
2018

Resumo

A manutenção de linhas de alta tensão além de ser uma atividade de alto custo é uma prática de alto risco a integridade física do operador. De modo a substituir o trabalho humano em atividades de risco, soluções em robótica estão cada vez mais frequentes por conta da confiabilidade empregada. O Electrical Inspection Robot (ELIR) é um robô para inspeção em linhas de alta tensão através inspeção térmica, o seu sistema de Percepção conta com uma série de sensores e é capaz de disponibilizar ao usuário final todas as ocorrências realizadas durante a missão bem como data, horário e localização. Este trabalho de conclusão de curso descreve a metodologia, conceitos e resultados obtidos durante o desenvolvimento do sistema de percepção do ELIR, o trabalho conta com a participação de estudantes de graduação e doutorado da instituição a fim de promover pesquisa e desenvolvimento na área de robótica.

Palavras-chave: Linhas de transmissão, Inspeção, Robótica, Pontos quentes

Abstract

The maintenance of high voltage lines is a high-cost and dangerous activity for the employee's physical integrity. To replace human performance in risky activities, many robotic solutions are being implemented because of the reliability involved. The Electrical Inspection Robot (ELIR) is a high voltage line inspection robot using thermal imaging, its sensing system has several sensors and is capable of displaying all occurrences detected during the mission and informing the date, time and location of each one. This final course project describes the methodology, concepts and the results obtained during the perception system development. This report counts with undergraduate and doctorate students with the goal to promote development and research on robotics area.

Keywords: Electrical Lines, Inspection, Robotics, Hot Spots

Sumário

1 Introdução **1**
1.1 Objetivos . . . 1
1.1.1 Objetivos Específicos . . . 1
1.2 Justificativa . . . 1
1.3 Requisitos do cliente . . . 1
1.4 Organização do Trabalho de Conclusão do Curso . . . 2

2 Conceito do Sistema **3**
2.0.1 Arquitetura de software do sistema de Percepção . . . 4
2.0.1.1 Driver Layer . . . 4
2.0.1.2 Business Layer . . . 5
2.0.1.3 User Interface Layer . . . 6
2.1 Especificação técnica do sistema de Percepção . . . 6
2.2 Desdobramento da função qualidade para as funcionalidades . . . 7

3 Materiais e Métodos **8**
3.1 Conceitual e Design . . . 9
3.2 Desenvolvimento . . . 10
3.3 Testes . . . 10

4 Resultados **11**
4.1 Testes unitários . . . 11
4.1.1 Câmera Térmica . . . 11
4.1.2 Sonar EZ-1 . . . 12
4.1.3 Sensor de Proximidade . . . 13
4.1.4 *Smart Charger* . . . 14
4.1.5 Sensor de Temperatura . . . 15
4.1.6 GPS . . . 15
4.1.7 IMU . . . 16
4.2 Integração no ROS . . . 17
4.2.1 Phidgets . . . 17
4.2.2 Smart Charger . . . 17
4.2.3 Câmera Térmica . . . 18
4.2.4 GPS . . . 19
4.2.5 IMU . . . 19
4.3 Testes integrados . . . 20
4.4 Trabalhos futuros . . . 20

5 Conclusão **21**
5.1 Considerações finais . . . 21

A QFD **22**

B Diagramas mecânicos **27**

C Diagramas eletro-eletrônicos **42**

D Wireframes **54**

E Logbook **56**

F Lista de componentes **57**

Referências **60**

Lista de Tabelas

Lista de Figuras

2.1 Arquitetura Geral da Perception 4
2.2 Arquitetura Geral da Perception 5

3.1 Fluxograma do Projeto 8

4.1 Lepton LWIR 11
4.2 Mensagem do frame da câmera 12
4.3 Esquemático do *Frame* da Câmera Térmica 12
4.4 Sonar EZ-1 13
4.5 Sensor de proximidade E18-D80NK 14
4.6 Protocolo de comunicação do *Smart Charger* e das baterias 14
4.7 Sensor de Temperatura LM35 15
4.8 GPS Piksi v2.3.1 16
4.9 IMU Xsens Mti-1 16
4.10 Mensagem entre a Nucleo L432KC e o nó referente às baterias 18
4.11 Esquemático do processamento da imagem 19

C.1 Esquemático Geral 43
C.2 Esquemático - Smart Charger 44
C.3 Esquemático - Placa de Gerenciamento de Energia 45
C.4 Esquemático - NUC 46
C.5 Esquemático - Phidgets 47
C.6 Esquemático - STM32F401RE e FLIR LWIR Camera 48
C.7 Esquemático - ZED Camera 49
C.8 Esquemático - HUB dos Atuadores 1 50
C.9 Esquemático - HUB dos Atuadores 2 51
C.10 Esquemático - HUB dos Atuadores 3 52
C.11 Placa de Alimentação dos Sensores de Proximidade 53

D.1 Dashboard - Main page 54
D.2 Dashboard - Actuators Info Page 55

Capítulo Um

Introdução

1.1 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver o sistema de percepção para um robô de inspeção de linhas de transmissão ELIR (Electrical Line Inspection Robot).

1.1.1 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos do trabalho são:

- Detectar pontos quentes nas linhas de transmissão;
- Desenvolver o sistema georeferenciamento do robô;
- Elaborar o sistema de segurança do robô (Análise de temperatura, consumo e Capacidade da Bateria);
- Construir interface de comunicação com o usuário para apresentar as informações de segurança do robô, informação dos atuadores e todas as ocorrências da missão.

1.2 Justificativa

1.3 Requisitos do cliente

O desenvolvimento do sistema de percepção para o robô ELIR teve como fundamento os requisitos técnicos proposto pelo cliente do projeto. Os requisitos estão apresentados detalhadamente nos tópicos a seguir.

- **Inspeção de Temperatura dos cabos, estrutura e obstáculos**: Devem ser disponibilizadas as informações de medição de temperatura dos cabos, estrutura da linha e de seus obstáculos. Esses dados devem ser obtidos através da câmera térmica para inspeção

- **Georreferenciamento dos eventos**: Todos os eventos de detecção de pontos quentes, sobretemperatura e sobrecorrente devem ser sinalizados em um *logfile* informando a data, horário e coordenadas geográficas obtidos pelo GPS.
- **Disponibilizar os videos dos eventos**: A inspeção realizada pela câmera térmica deve ser disponibilizada em tempo real na interface gráfica do robô.
- **Identificação de posicionamento da garra no cabo**: A fim de garantir a confiabilidade da operação, deve ser realizado uma verificação do alinhamento das garras no cabo da linha de alta tensão.
- **Inspeção da linha de servidão**: Devem ser disponibilizadas informações de objetos até sete metros abaixo do robô
- **Monitorar temperatura do protótipo**: A temperatura da parte interna do protótipo deve ser monitorada para garantir a segurança dos equipamentos eletrônicos presentes.

1.4 Organização do Trabalho de Conclusão do Curso

Este documento apresenta 5 (cinco) capítulos e está estruturado da seguinte forma:

- **Capítulo 1 - Introdução**: Contextualiza o âmbito no qual a pesquisa proposta está inserida. Apresenta, portanto, a definição do problema, objetivos e justificativas da pesquisa e como este trabalho de conclusão do curso está estruturado;
- **Capítulo 2 - Conceito do Sistema**: Descreve como o sistema de Percepção é composto, apresenta a especificação técnica, a arquitetura geral do sistema, a arquitetura de software e os requisitos técnicos;
- **Capítulo 3 - Materiais e Métodos**: Apresenta os materiais utilizados no projeto, explica os suportes mecânicos criados, o diagrama elétrico e o desenho da placa desenvolvida, além das especificações de cada funcionalidade do sistema;
- **Capítulo 4 - Resultados**: Apresenta a descrição dos testes unitários e integrados realizados;
- **Capítulo 5 - Conclusão**: Apresenta as conclusóes, contribuições e algumas sugestões de atividades de pesquisa a serem desenvolvidas no futuro.

Capítulo Dois

Conceito do Sistema

> Para um robô, o ambiente é um mar de ambiguidades, no qual ele vai afundar ou nadar a depender da robustez de sua percepção.
>
> (FITZPATRICK, 2003)

A percepção é, de acordo com o dicionário Michaelis (2004), a capacidade de distinguir por meio dos sentidos ou da mente.

Segundo Thorpe et al. (2003), este é o ponto fraco mais comuns em robôs pois para garantir sua segurança e confiabilidade é necessário que o mesmo tenha a capacidade de interpretar as variáveis ambientais. A percepção é o que torna os robôs diferentes de simples mecanismos, pois é ela quem dá a habilidade de adequar suas operações de acordo com as influências externas.

A percepção do ELIR pode ser definida como um sistema integrado de sensoriamento e com unidades de processamento, em que seus dados serão utilizados como parâmetros de tomada de decisão e disponibilizados durante a operação de inspeção ao operador.

O sistema foi projetado de forma a possuir três subsistemas principais: segurança, georreferenciamento e detecção. A descrição de cada um dos subsistemas e suas funcionalidades serão mostradas nas próximas sessões.

A Percepção é o sistema de sensoriamento do robô e pode ser entendida como a forma que ele compreende o que esta ao seu redor. No projeto do robô ELIR, o sistema de percepção engloba a aquisição e a interpretação dos dados de todos os sensores envolvidos.

Na arquitetura geral deste sistema, mostrado na Fig. 2.1, estão representados as três camadas principais: *Sensing*, *Interface* e *ROS Environment*.

A etapa de *Sensing* é composta por todos os processos de aquisição de dados de todos os sensores envolvidos no projeto. A camada de interface compreende a disponibilização destes dados para o ambiente de trabalho ROS. Essas duas etapas são camadas de *hardware*. Por último, terá a camada de *software*, a qual será feita no *ROS Enviroment*, e que irá englobar todo o sistema de compreensão e interpretação dos dados provenientes do sistema de interfaceamento do robô.

Figura 2.1: Arquitetura Geral da Perception

2.0.1 *Arquitetura de software do sistema de Percepção*

A arquitetura de software foi projetada em três camadas a fim de facilitar o desenvolvimento do sistema e simplificar o entendimento do mesmo. As camadas são:

- *User Interface Layer*
- *Business Layer*
- *Drvier Layer*

As camadas e seus componentes podem ser vistos na Fig.2.2.

2.0.1.1 *Driver Layer*

A camada de *Driver Layer* está diretamente relacionada a funcionalidade de aquisição de dados. Ela composta pelo *hardware*, representado pelos sensores e seus respectivos drivers de comunicação. Desta forma, as subcamadas são nomeadas com o processo de aquisição de dados de cada sensor envolvido no projeto.

As subcamadas *Current Data Acquisition*, *Temperatura Data Acquisition*, *Proximity Data Acquisition* e *Sonar Data Acquisition* são responsáveis por adquirir as informações analógicas de seus sensores e transformá-los em dados da grandeza física a ser medida. Todas estas subcamadas utilizam a placa de interfaceamento Phidgets para o estabeler de comunicação entre o computador (NUC) e os sensores.

Figura 2.2: Arquitetura Geral da Perception

As subcamadas *IMU Data Acquisition* e *GPS Data Acquisition* são responsáveis pelo recebimento de dados da IMU e do GPS seguindo o protocolo de comunicação do fabricante. Esses dois módulos estão conectados ao *hub* USB da placa de interfaceamento Phidgets.

A subcamada de *IR Camera Data Acquisition* é responsável pela aquisição de dados da câmera térmica, a qual se comunica via VoSPI (Video over SPI) com um microcontrolador de arquitetura ARM (STM32F401RE) e converte os dados para USB e os envia à NUC.

Por último, a subcamada de *Battery Data Acquisition* é responsável pelo estabelecimento da comunicação e coleta de informações com o *Smart Charger* de bateria utilizando protocolo SMBus.

As conexões e diagramas elétricos podem ser vistos no apêndice C.

2.0.1.2 Business Layer

A camada *business layer* é responsável por implementar a regra de negócio do sistema. As funcionalidades do sistema são representadas como sub-camadas da business

layer, pois são elas responsáveis pelo processamento e coordenação dos dados adquiridos pela camada de aquisição.

2.0.1.3 User Interface Layer

A camada de *User Interface* foi projetada para disponibilizar os dados para o operador. Nela será mostrado de forma resumida os dados mais relevantes do robô e da operação. Nesta camada existem três subcamadas: *Robot Status Display, Actuators Display* e *Video Display.*

A subcamada *Robot Status Display* disponibiliza os dados de integridade do robô como temperatura, corrente, tensão, nível de bateria, entre outras informações. A subcamada de *Actuators Display* disponibiliza o dados de todos os motores do robô, como carga, temperatura, status e corrente. Por último, a subcamada de *Video Display* mostra em tempo real o monitoramento realizado pela câmera térmica, possibilitando o usuário ver os componentes da linha que estão com temperatura elevada e até mesmo identificar pontos quentes.

A interface irá se resumir em duas telas: A tela principal com um layout de *dashboard*, e outra que terá as informações dos atuadores. O *dashboard* será um painel de monitoramento, no qual haverá as informações mais importantes da missão, como pode ser visto na apêndice D.1. Essa tela irá mostrar as informações de integridade do robô, ocorrências e a imagem térmica. A tela dos atuadores irá mostrar de forma organizada, as informações já mencionadas, além da corrente total de cada *hub* de motores. Pode-se observar a tela de atuadores na Figura 4.6 no apêndice D.

2.1 Especificação técnica do sistema de Percepção

A construção do sistema de Percepção teve como base os requisitos técnicos do cliente. As especificações podem ser observadas abaixo:

- O sistema foi projetado para trabalhar com alimentação de 14V proveniente de baterias LiPo.
- A máxima temperatura de trabalho na *housing* é de 50 graus Celsius.
- O sistema consegue detectar objetos através do sonar em uma faixa de servidão de 6.45 metros.

- A obtenção de *frames* da câmera IR acontece na taxa de 1 frame a cada dois segundos.
- Em condições de sobretemperatura ou sobrecorrente o sistema alertará o operador.
- O sistema não é protegido contra ingresso de água

2.2 Desdobramento da função qualidade para as funcionalidades

Capítulo Três

Materiais e Métodos

A criação de uma solução tecnológica vai além de um desenvolvimento e amadurecimento técnico-científico. O olhar sensível a problemática é o primeiro passo para a formação de um conceito. Problemas, desafios, dificuldades sempre existiram e sempre existirão mas a criação de uma solução para estes embates sempre vêm acompanhadas de uma primeira ideia motivadora, subjetiva e totalmente correlacionada às manifestações da natureza humana.

O processo de desenvolvimento de um sistema robótico não é diferente, existe uma motivação da equipe do projeto em cumprir o principal objetivo do conceito arquitetado abordado no capítulo 1. Para garantir que esse objetivo seja alcançado são implementadas metodologias de desenvolvimento de projeto, que ajudam no acompanhamento e definição das atividades como meios para alcançar o fim que é a solução tecnológica.

No sistema de Percepção do robô ELIR a metodologia empregada consiste na divisão do projeto em três principais processos de construção de conhecimento, que são eles : a fase de conceitual e design, a fase de desenvolvimento e a fase de testes. O fluxograma com as fases do projeto está mostrado na Figura 3.1.

Figura 3.1: Fluxograma do Projeto

O sucesso na execução de um projeto está fortemente relacionada com o seu gerenciamento, organização e planejamento. Por isso, conceitual e design é a fase mais importante do projeto pois ela representa o planejamento e previsão das demais fases.

Nesta fase, há uma tempestade de ideias a serem organizadas de forma a chegarem em um conceito, um primeiro esboço do que se espera como solução final. Por isso, esta fase é marcada por uma série de reuniões entre a equipe de projeto, o orientador e o cliente a fim de coletar o máximo de informações de requisitos, premissas e necessidades que irão nortear o seu desenvolvimento. Apesar de ser considerada uma fase do projeto ela pode ser quebradas em duas etapas com papéis distintos. O conceitual busca a idealização enquanto o Design busca a avaliação da viabilidade técnica.

A fase de Desenvolvimento é o processo de construção da solução, a qual todas as ideias e planos da fase Conceitual e Design são colocadas em prática. O principal objetivo desta fase é fazer com que as funcionalidades do sistema deixem a área de idealização e se tornem práticas reais e mensuráveis. Por isso, o sucesso desta etapa é relacionado a expertise na fase de Conceitual e Design, nesta fase o planejamento do projeto deve ser fiel às necessidades reais do desenvolvimento.

A última fase do projeto é a fase de Testes. Nesta fase a solução tecnológica é validada por uma série de avaliações estatísticas que quantificam o projeto como todo, seja em desempenho, quanto em função tecnológica. Esta é a fase de obtenção de resultados e por tanto representa a conclusão do projeto.

3.1 Conceitual e Design

Nesta etapa, a partir das premissas, exclusões, necessidades e definições oriundas das reuniões da equipe de projeto com o cliente e orientador técnico são definidas: A arquitetura geral, especificação funcional, a arquitetura de software do sistema, os wireframes além dos materiais a serem utilizados.

A arquitetura geral do sistema de Percepção do ELIR é um diagrama de blocos que mostra o fluxo de informações entre os subsistemas da percepção. Ela busca mostrar como as informações são obtidas, como são processadas e como são mostradas.

A especificação funcional é uma descrição dos processos executados pelo sistema para cumprimento do objetivo geral. Por isso, cada funcionalidade é relacionada a um objetivo específico do projeto mostrado no capítulo 1. Para definição das funcionalidades é necessário descrever o seu objetivo, premissas, descrição, fluxograma de funcionamento e saídas. Esta é a etapa mais relevante da fase Conceitual e Design pois o desenvolvimento é norteado pelas funcionalidades do sistema.

A arquitetura de Software é um esboço de como as funcionalidades são implementadas no campo de software. Por isso, são definidas as camadas de desenvolvimento e sua

relação hierárquica.

Por último, a definição dos materiais utilizados possui como base dois aspectos principais que são a disponibilidade dos materiais na instituição e a necessidade das funcionalidades do sistema.

3.2 Desenvolvimento

Na etapa de desenvolvimento são realizadas atividades que tornam o conceito idealizado na fase Conceitual e Design concreto e factível. Nesta etapa são realizados os testes unitários dos sensores do sistema, o projeto e fabricação de peças mecânicas para suportar os sensores, são implementados os drivers dos sensores e protocolos de comunicação além da implementação das funcionalidades do sistema e da interface gráfica.

Os teste unitários dos sensores do projeto servem para validar o funcionamento e avaliar se suas especificações atendem os requisitos impostos pelo cliente. No teste são coletadas amostras dos dados recebidos de cada sensor e esses dados são avaliados a partir de uma distribuição normal. A distribuição normal assim como qualquer distribuição estatística serve para determinar a probabilidade de ocorrência do fenômeno relacionado a curva. Por isso, é usada no ELIR para avaliação da confiabilidade dos sensores. Ou seja, mostra a probabilidade do sensor se comportar da maneira esperada.

A parte mecânica é projetada para compor todos os sensores que fazem parte do sistema de Percepção, ela representa a integração física do sistema de Percepção no protótipo. Para isso, é necessário estudar as especificações mecânicas de cada sensor do projeto e projetar suportes a serem encaixados na estrutura do robô.

A principal função de um sistema de Percepção é a coleta e tratamento dos dados de seus sensores. Para que estes dados sejam reunidos é necessário que no fim todos os sensores se comuniquem de maneira semelhante, ou seja, utilizando o mesmo protocolo de comunicação. A ferramenta utilizada para a integração destes dados é o framework de robótica. O framework serve para reunir dados de diferentes fontes em um mesmo ambiente, com o mesmo padrão de formatação. Por isso, o desenvolvimento de drivers para cada sensor é extremamente importante pois ele garante a conversão do protocolo de comunicação intrínseco do sensor para o padrão utilizado no framework de robótica.

3.3 Testes

Capítulo Quatro

Resultados

As funcionalidades do sistema de percepção foram validadas a partir de duas etapas de testes. Os testes unitários buscam a validação do funcionamento individual dos sensores, enquanto os testes integrados validam o funcionamento dos sistemas e funcionalidades, ou seja, todos os componentes em conjunto. A descrição dos testes realizados e dos resultados obtidos por eles está descrita abaixo.

Para mais detalhes sobre as conexões eletro-eletrônicas, pode-se ver o apêndice C.

4.1 Testes unitários

4.1.1 Câmera Térmica

A câmera térmica Lepton, do fabricante FLIR, se comunica por VOSPI. Logo, foi necessário utilizar um driver para converter os dados da câmera e disponibiliza-los para a USB. Uma placa de desenvolvimento Nucleo STM32F401RE com o driver disponibilizado por Gyver et al. (2017) foi utilizada para essa situação.

Figura 4.1: Lepton LWIR

O driver coleta os frames e verifica se o mesmo foi adquirido corretamente, após isso, envia para a USB seguindo o seguinte padrão de mensagem:

No início de cada mensagem, há uma sequência de quatro *bytes* para confirmar a transferência dos dados. Após a confirmação por um *script* em python, inicia-se o

Figura 4.2: Mensagem do frame da câmera

processo de aquisição do *frame*. Cada *frame* é composto por 4800 *pixeis*, sendo 80 na horizontal e 60 na vertical. Além disso, cada *pixel* possui 2 *bytes* de profundidade de cor, correspondendo a 9600 *bytes* de informação para cada *frame*. Na Figura 4.3, pode-se observar uma representação do *frame* da câmera.

Figura 4.3: Esquemático do *Frame* da Câmera Térmica

No *script* de aquisição de *frames*, cada *pixel*, foi convertido para uma escala de cinza de 8-bits (1 *byte*). Conversão necessária para trabalhar com a biblioteca de processamento de imagens OpenCV.

Após isso a imagem foi reconstruída para verificar a integridade dos *frames*.

4.1.2 Sonar EZ-1

O sonar EZ-1 da MaxBotix possui saída analógica referente a distância medida. Para testa-lo, foi utilizada uma das entradas analógicas da Phidgets.

Figura 4.4: Sonar EZ-1

A comunicação da Phidgets com com a NUC é feita via USB, contudo, é necessário a instalação dos drivers obrigatórios da placa no linux. Além disso, é necessário a instalação do módulo python respectivo da placa, dessa forma, permitindo a utilização de classes e métodos para controle da comunicação com os sensores.

Com os respectivos drivers e módulos da phidgets instalados no computador, foi necessário apenas conectar os terminais alimentação e saída analógica do sensor nos conectores correspondentes da Phidgets e executar um *script* de leitura da tensão nas entradas analógicas fornecido pela própria fabricante.

Ao executar o código, recebe-se, no intervalo de dez segundos, todas as leituras de tensão efetuadas no sensor. Notamos que ao afastar o obstáculo do sonar o valor de tensão aumentava e quando aproximavamos o obstáculo o valor de tensão diminuía. Após feita a conversão de tensão para unidades métricas através das informações disponibilizadas no *datasheet*, foi possível validar o sensor.

4.1.3 Sensor de Proximidade

O sensor de proximidade E18-D80NK funciona de maneira bastante simples. O módulo possui um emissor e um receptor de feixes infra-vermelhos, o qual identifica se há ou não um objeto próximo devido a reflexão, liberando assim, um sinal de nível alto caso positivo e nível baixo caso negativo.

Por questão de sinalização, o fabricante adicionou um LED, que ao identificar algum objeto próximo, acende-se. Com isso, logo após alimentar o sensor já era possível ver o

Figura 4.5: Sensor de proximidade E18-D80NK

seu funcionamento. Entretanto, ainda era necessário verificar se a saída digital referente a detecção estava em devido funcionamento.

Para isso, foi utilizada a placa de interfaceamento Phidgets assim como no tópico anterior. O que diferiu nesse teste para o anterior é que o sensor foi acoplado em uma entrada digital, em vez de uma analógica, assim como o *script* executado foi para comunicação com as entradas digitais. O código, também disponibilizado pela fabricante, notifica a mudança de estado da saída dos sensor, dessa maneira podendo ser validada.

4.1.4 Smart Charger

A placa de gerenciamento e carregamento das baterias DS325A, da empresa Inspired Energy, funciona a partir do protocolo de comunicação SMBus. Informações das baterias como temperatura, corrente, carga, entre outras podem ser solicitadas através do seguinte protocolo de leitura.

Figura 4.6: Protocolo de comunicação do *Smart Charger* e das baterias

No qual é necessário enviar primeiro o endereço de 7 bits da bateria de interesse, seguido do comando referente a que informação está se requisitando. Após isso, inicia-se o processo de leitura das informações da bateria.

O driver de comunicação foi desenvolvido em uma placa de desenvolvimento Nucleo STM3L432KC para disponibiliza-los na USB do computador. Além disso, um *script* em python foi escrito para requisitar essas informações do microcontrolador.

Os dados foram convertidos para suas respectivas grandezas, dessa maneira, foi possível validar as informações obtidas.

4.1.5 Sensor de Temperatura

O sensor de temperatura LM35 possui uma saída analógica e com comportamento linear entre a tensão de saída e a temperatura medida.

Figura 4.7: Sensor de Temperatura LM35

O componente foi testado em uma das entradas analógicas da Phidgets, e utilizando o mesmo algoritmo de leitura de tensão já mencionado para realizar a obtenção de dados. Para verificar a resposta do sensor, foi medido o valor de tensão de saída para uma sala com ar-condicionado e para um ambiente externo com auxílio de um termômetro de referência.

Os valores de tensão foram convertidos para graus Celsius, através da correlação disponível no *datasheet*, validando assim o sensor.

4.1.6 GPS

O GPS Piksi v2.3.1, da Swift Navigation, possui um console disponibilizado pelo próprio fabricante, porém como se tinha em mãos uma versão antiga do aparelho, foi necessário descobrir qual a versão compatível do *software*.

O console foi instalado, o GPS foi conectado na USB do computador e a antena devidamente acoplada. Essa versão em específico precisa de quatro satélites para realizar os cálculos de coordenadas, e em ambientes fechados, a recepção de sinal é bastante

Figura 4.8: GPS Piksi v2.3.1

degradada. Para contornar essa situação, o dispositivo foi iniciado em modo de simulação em seu console, mostrando assim, os dados de longitude e latitude.

Posteriormente, a antena foi levada a um ambiente externo e verificou o funcionamento do GPS fora do modo de simulação.

4.1.7 IMU

A IMU Mti-1, fabricado pela Xsens, possui um console que é disponibilizado no próprio pendrive de instalação que vem junto ao sensor.

Figura 4.9: IMU Xsens Mti-1

Com o console instalado, foi apenas necessário conectar a IMU a uma das portas USB do computador. Na própria interface gráfica já aparece as informações de orientação do dispositivo, informando a orientação nos três eixos de referência e velocidade angular.

4.2 Integração no ROS

Após os testes unitários de cada sensor, deu-se inicio à integração dos sensores no ambiente ROS para construção do sistema de Percepção. A descrição da metodologia empregada para embarcar cada um dos sensores no framework de robótica está mostrada nos tópicos abaixo.

4.2.1 Phidgets

Após a fase de testes unitários, foi necessário desenvolver o *package* de comunicação da phidgets no ROS. Esse *package* é responsável pela aquisição dos dados de todos os sensores analógicos e digitais conectados a Phidgets.

Os nós foram desenvolvidos utilizando como base o módulo *python* da Phidgets. Ele consiste em uma classe e cada objeto desta, representa um componente conectado a placa de interface. Ao declarar o objeto, se faz necessário informar o canal, o nome do dispositivo, o tipo de porta (digital ou analógico) e o nome do tópico a ser disponibilizado os dados.

No construtor da classe os dados referentes aos dispositivos são coletados e um *publisher* do ROS é inicializado. Este *publisher* faz com que periodicamente os dados de tensão(canais analógicos) ou status da porta(canais digitais) sejam coletados e disponibilizados no tópico escolhido pelo usuário.

No script original foram criados seis objetos da classe no *main loop*, correspondentes aos cinco sensores de proximidade conectados a portas digitais e ao sonar conectado na porta analógica.

4.2.2 Smart Charger

O script utilizado no teste unitário para receber os dados provenientes do *smart charger* no computador foi utilizado como base para a construção do nó no ambiente ROS.

O nó funciona enviando um *byte* pré-definido para dar início ao processo de transmissão de dados da bateria. A recepção do *byte* pela Nucleo L432KC inicia a leitura dos dados da bateria, como mostrado no tópico anterior. Logo após isso, ocorre o envio das informações em sequência para o computador, como pode ser visto abaixo:

W	R	R	R	R
0x30	2 bytes	2 bytes	2 bytes	2 bytes
Fixed Header	Voltage	Temperature	Current	Capacity

Figura 4.10: Mensagem entre a Nucleo L432KC e o nó referente às baterias

No nó do ROS essas informações são recebidas via serial e convertidas para sua devidas unidades segundo o *datasheet* do fabricante. Esses dados são colocados em um formato de mensagem chamado de Battery e publicadas em um tópico do ROS. O nó criado para a *smart charger* está mostrado no anexo XX.

4.2.3 Câmera Térmica

A integração da câmera no ROS foi feita em duas etapas, que na prática foram representadas como dois nós:

- O primeiro com objetivo da aquisição dos dados da câmera e sua disponibilização em um tópico.
- O segundo nó é responsável por todo o tratamento da imagem e detecção dos pontos quentes.

Para a aquisição dos dados, no primeiro nó, foi utilizado basicamente o mesmo algoritmo que no teste unitário, porém com a integração das bibliotecas do ROS para publicar os *frames* em forma de *Numpy arrays* em seus devido tópico.

No segundo nó foi utilizado a biblioteca OpenCV para realizar o processamento da imagem. Primeiramente, o frame disponibilizado pelo nó de aquisição é adquirido subscrevendo do seu respectivo tópico. Para retirar o aspecto "pixelado"da imagem da câmera, devido a sua baixa resolução (80x60 pixeis), foi necessário realizar uma interpolação cúbica para redimensionar a imagem para uma resolução de (400x300 pixeis), obtendo assim uma imagem mais detalhada.

Com a imagem já redimensionada, é aplicado um filtro *blur* para eliminar altas frequências que podem interferir na binarização (*thresholding*) que será feita na imagem.

Após o filtro, o frame é binarizado com o objetivo de facilitar a identificação dos pontos quentes através de um algoritmo de busca de contornos.

O esquemático abaixo mostra simplificadamente o processo de tratamento da imagem.

Figura 4.11: Esquemático do processamento da imagem

4.2.4 GPS

Para o GPS, foi utilizado um driver disponibilizado no GitHub por Tranzatto et al. (2018) com licensa livre para embarcar o dispositivo no ROS.

O *package* possui nós que publicam em tópicos as informações de coordenadas obtidas do GPS.

4.2.5 IMU

Foi utilizado o driver da IMU disponibilizada pela própria fabricante Xsens para embarcar a IMU no ROS. O driver de licença livre é disponibilizado no GitHub da própria empresa.

4.3 Testes integrados

asdfadsfsdfs

4.4 Trabalhos futuros

asdfadsfsdfs

Capítulo Cinco

Conclusão

Chegou a hora de apresentar o apanhado geral sobre o trabalho de pesquisa feito, no qual são sintetizadas uma série de reflexões sobre a metodologia usada, sobre os achados e resultados obtidos, sobre a confirmação ou rechaço da hipótese estabelecida e sobre outros aspectos da pesquisa que são importantes para validar o trabalho. Recomenda-se não citar outros autores, pois a conclusão é do pesquisador. Porém, caso necessário, convém citá-lo(s) nesta parte e não na seção seguinte chamada **Conclusões**.

5.1 Considerações finais

Brevemente comentada no texto acima, nesta seção o pesquisador (i.e. autor principal do trabalho científico) deve apresentar sua opinião com respeito à pesquisa e suas implicações. Descrever os impactos (i.e. tecnológicos,sociais, econômicos, culturais, ambientais, políticos, etc.) que a pesquisa causa. Não se recomenda citar outros autores.

Apêndice A

QFD

Correlations

- Positive +
- Negative –
- No Correlation

Relationships

- Strong ●
- Moderate ○
- Weak ▽

Direction of Improvement

- Maximize ▲
- Target ◇
- Minimize ▼

Row #	Weight Chart	Relative Weight	Customer Importance	Maximum Relationship	Customer Requirements (Explicit and Implicit) \ Technical Requirements	1 Confiabilidade	2 Monitoramento de consumo energético	3 Sistema regulador de tensão para acoplar à bateria	4 Georreferenciamento	5 interface leve e simplística, com poucos elementos visuais (UI)	6 câmera espectro visível	7 câmera IR	8 resolução das câmeras	9 luminosidade	10 massa do robot	11 Armazenamento de dados da missão	12 desempenho de deslocamento	13 velocidade de deslocamento	14 Classificação de obstáculos	15 detectar e ultrapassar obstáculos	16 autonomia de potência	17 medição da cota do cabo ao obstáculo ao chão	18 registro de ocorrências	19 Exibir obstáculos em visada direta	20 Exibir distâncias dos obstáculos	21 garantir e monitorar o posicionamento das garras na linha de transmissão	22 Sistema operacional + Framework	23 Back-end	24	ELIR	PIRo	Fu	LineScout	Expliner	Phillips	Row #
1		12%	9	9	realizar as funções de forma autônoma	●	●	●	●		●	●	○		○	▽	●	●	▽	▽	●				○	●	●	●		5	0	0	0	0	0	1
2		9%	7	9	transpor obstáculos e cadeia de isoladores	●					●		●	▽	●		●	●		○	●	▽			●	●	●	○		4	0	0	0	0	0	2
3		6%	5	9	realizar georeferenciamento	●			●	▽	▽											○	●				○	○		5	0	0	0	0	0	3
4		4%	3	9	realizar odometria visual	●			▽		●		▽		○		●	●					○	○	○		●	●		4	0	0	0	0	0	4
5		9%	7	9	deslocar-se através do uso de energia elétrica (bateria VCC)	●	●	●							●		▽	▽			●						○	●		5	0	0	0	0	0	5
6		12%	9	9	propulsão realizada por servomotores	●	○	▽							●		●	●			●					●	●	●		5	0	0	0	0	0	6
7		6%	5	9	realizar inspeção visual da linha, estrutura e obstáculos	●			●	●	●	●	●	●		●	●		●	●	▽		●	○	○	○	○	●		5	0	0	0	0	0	7
8		12%	9	9	realizar inspeção de temperatura da linha, estrutura e obstáculos	●			●	●	●	●	●	●		●			●	●	▽		●	○	▽	○	○	●		4	0	0	0	0	0	8
9		12%	9	9	realizar inspeção da linha de servidão	●			○	●						●					▽	●	●	○	▽	○	○	●		5	0	0	0	0	0	9
10		12%	9	9	disponibilizar os vídeos da missão	▽			▽	●	●	●	●	●		●			○	○	▽		●	●			○	○		5	0	0	0	0	0	10
11		8%	6	9	monitorar humidade e temperatura do protótipo	○				●						●					▽		●				○	●		5	0	0	0	0	0	11
					Target	80% em 1 semana	Tolerância de erro na medição máxima de 1%	Tolerância de oscilação de tensão: ±0,1 volt	~~Desde o começo: 0,1% - 1,1%~~ Erro de +/- .56cm	Num. Máx de elementos gráficos = 10 (considerando obstáculos)	filmar a linha de transmissão e obstáculos	detectar, medir, filmar e fotografar os pontos quentes	resolução de no mínimo: 32 X 3236	inspeção deve ser realizada com luminárias de 1.000 até 100,000 lux	máximo de 10 kg com todo o sistema	2TB SSD	percorrer 15 km/dia (considerar vão em torno de 500m sem obstáculos)	velocidade média de deslocamento na LT sem obstáculos será de 0.7m/s	cabo, amortecedor, garras de suspensão, grampo de ancoragem, e estrutura da torre	volume máximo dos obstáculos 410 x 330 x 190 mm	2 horas de autonomia	fim da inspeção deve ser em torno de 7m * 1/3 da flecha	registrar para cada evento: missão, tempo, localização, falhas, posicionamento	Representar posição do obstáculo na UI.	Indicação de distância do robot para o obstáculo no UI	estabelecer alarme de posicionamento	Linux Ubuntu 16.04 LTS + ROS Kinetic	C++ e Python	
					Max Relationship	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
					Technical Importance Rating	761.5	219.2	196.2	373.1	444.9	491	369.2	384.6	274.4	311.5	450	389.7	332.1	207.7	234.6	417.9	132.1	507.7	203.8	169.2	376.9	515.4	738.5	0							
					Relative Weight	9%	3%	2%	4%	5%	6%	4%	5%	3%	4%	5%	5%	4%	2%	3%	5%	2%	6%	2%	2%	4%	6%	9%	0%							
					Weight Chart																															
					ELIR	**5**	**4**	**4**	**4**	**5**	**3**	**5**	**3**	**5**	**4**	**5**	**5**	**5**	**5**	**4**	**4**	**5**	**4**	**4**	**4**	**4**	**5**	**4**								
					PIRo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
					Fu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
					LineScout	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
					Expliner	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
					Phillips	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
					Column #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24							

Customer Competitive Assesment

Technical Competitive Assesment

Correlations	
Positive	+
Negative	–
No Correlation	

Relationships	
Strong	●
Moderate	○
Weak	▽

Direction of Improvement	
Maximize	▲
Target	◇
Minimize	▼

Row #	Weight Chart	Relative Weight	Technical Importance	Maximum Relationship	Technical Requirements \ Functionalities	SYSTEM INTEGRITY CHECK	POWER MANAGEMENT	ACQUISITION	LOCALIZATION	MOTION PLANNING	ACTUATION	CLASSIFICATION	DETECTION	USER INTERFACE	AUTONOMY	SIMULATION	
					Column #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
					Direction of Improvement	◇	◇	◇	▲	▲	▲	▲	◇	◇	▲	▲	
1		9%	**762**	9	Confiabilidade	●	●	●	●	●	●	●	●	▽	●	○	
2		3%	219	9	Monitoramento de consumo energético	▽	●	●	○		●				○		
3		2%	196	9	Sistema regulador de tensão para acoplar à bateria		●	○	○		○						
4		4%	373	9	Georreferenciamento				●				○	○			
5		5%	445	9	Interface leve e simplista, com poucos elementos visuais [UI]			▽						●		○	
6		6%	**491**	9	câmera espectro visível			●				○	○	●	○	○	
7		4%	369	9	câmera IR			●					●	●	○	○	
8		5%	385	9	resolução das câmeras			●				○	●	●			
9		3%	274	9	luminosidade							●	●		▽		
10		4%	312	9	massa do robot		○				●					○	
11		5%	450	9	Armazenamento de dados da missão		▽	●	○	○		●	●	●	●		
12		5%	390	9	desempenho de deslocamento	▽	○			▽	●		●		●		
13		4%	332	9	velocidade de deslocamento	●	○			●	●				○		
14		2%	208	9	Classificação de obstáculos			●		○	▽	●	●	○	●	○	
15		3%	235	9	detectar e ultrapassar obstáculos			▽		●	▽	●	●	○	●	○	
16		5%	418	9	autonomia de potência	○	●	○	○	●	○	○	○		●		
17		2%	132	9	medição da cota do cabo ao obstáculo ao chão	▽		●					●	○		○	
18		6%	**508**	9	registro de ocorrências	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
19		2%	204	9	Exibir obstáculos em visada direta			○				○	●	●		▽	
20		2%	169	9	Exibir distâncias dos obstáculos			○				○	●	●		▽	
21		4%	377	9	garantir e monitorar o posicionamento das garras na linha de transmissão	●		●		▽					○	○	
22		6%	**515**	9	Sistema operacional + Framework	○	○	○	○	●	○	○	○	●	●	○	
23		9%	**738**	9	Back-end	○	▽	○	▽	●	○	●	●	●	●	○	
24		0%	**0**														
					Target	verificar a integridade física do sistema antes e durante a missão	gerenciar o fornecimento de energia	realizar a comunicação e a aquisição dos dados	informar o posicionamento e orientação do sistema quando solicitado	realizar o planejamento da trajetória	mover a estrutura física e transposição dos obstáculos	classificar os objetos encontrados na linha	identificar pontos quentes e objetos na linha e na faixa de servidão	disponibilizar de forma simplificada os dados mais relevantes	fornecer parâmetro de confiabilidade e da estratégia a ser adotada	realizar a simulação da missão antes do início da mesma	
					Max Relationship	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	3	
					Functional Importance Rating	277.1	291.2	500	246	403.6	338.1	413.1	574	494.9	513.4	166.1	0
					Relative Weight	7%	7%	12%	6%	10%	8%	10%	14%	12%	12%	4%	0%
					Weight Chart												
					Column #	1	2	3	4	5	6	20	21	22	23	24	25

Apêndice B

Diagramas mecânicos

REV	DESCRIPTION	DRAW	DATE
0	Drawing elaboration	Juliana Sartori	07/09/2017

PI-Ro 2.1
VISTA FRONTAL

ITEM	DESCRIÇÃO	QTD
5	HASTE CENTRAL	01
4	CONJUNTO ROLDANA	05
3	UNIDADE DE TRAÇÃO	02
2	BRAÇOS	02
1	BASE	01

SENAI FIEB
BIR Brazilian Institute of Robotics

Notes:
1. All measurement in mm unless otherwise specified
2. Remove cutting edge
3. Default finishing

Tolerances:
xx ±0.001
xx ±0.01
x ±0.1
∠ ±0.5

Draw Title: PI-Ro 2.1
Scale: 1:4
Quantity: 01
Project: PI-Ro 2.1
Size: A3
Draw: Juliana Sartori
Material: Alumínio
Finishing:
Approv: Marco Reis
Thermal: N/A
Page: 1 of 13
Revisão: 0
Date: 07/09/2017

THE INFORMATION IN THE DOCUMENT CAN NOT BE COPIED, GIVEN AWAY OR USED FOR OTHERS MEANS EXCEPT THOSE CONTAINED IN THE CONTRACT TERMS

REV	DESCRIPTION	DRAW	DATE
0	Drawing elaboration	Juliana Sartori	07/09/2017

VISTA TRASEIRA

VISTA SUPERIOR

VISTA FRONTAL

VISTA ISOMÉTRICA

ITEM	DESCRIÇÃO	QTD
1.5	CHAPA 05: 305,4 x 175 x 2,7mm	01
1.4	CHAPA 04: 148 x 254 x 2,7mm	01
1.3	CHAPA 03: 608,8 x 300 x 2,7mm	01
1.2	CHAPA 01 : 138 x 47 x 2,7 mm	01
1.1	CHAPA 01 : 143,4 x 235,4 x 2,7 mm	02

SENAI FIEB

Brazilian Institute of Robotics

Draw Title: BASE - ITEM 01

Scale: 1:2

Quantity: X

Project: PI-Ro 2.1

Size: A3

Notes:
1. All measurement in mm unless otherwise specified
2. Remove cutting-edge
3. Default finishing

Tolerances: xxx±0.001 xx±0.01 x±0.1 ∠ ±0.2

Draw: Juliana Sartori

Material: Alumínio

Finishing:

Agree: Marco Reis

Thermal/T: N/A

Page: 2/13

Revisão: 0

Date: 07/09/2017

THE INFORMATION IN THIS DOCUMENT CAN NOT BE COPIED, EVEN-AWAY OR USED FOR OTHERS MEANS EXCEPT THOSE CONTAINED IN THE CONTRACT TERMS

REV	DESCRIPTION	DRAW	DATE
0	Drawing elaboration	Juliana Sartori	07/09/2017

VISTA FRONTAL

VISTA LATERAL

VISTA SUPERIOR

VISTA LATERAL

ITEM	DESCRIÇÃO	MATERIAL
1.2	CHAPA 02 : 138 x 47 x 2,7 mm	Alumínio
1.1	CHAPA 01 : 143,4 x 235,4 x 2,7 mm	Alumínio

SENAI FIEB
Federação das Indústrias do Estado da Bahia
BIR Brazilian Institute of Robotics

Draw Title: BASE - ITENS 1.1 E 1.2 E ITEM 1.2
Escala: 1:2
Quantity: X
Project: PI-Ro 2.1
Size: A3
Notes: 1. All measurement in mm unless otherwise specified 2. Remove cutting edge 3. Default finishing
Tolerances: ±0.001 ±0.25 ±0.1 ∠ ±0.2
Draw: Juliana Sartori
Material: Alumínio
Finishing:
Approv: Marco Reis
Thermal T: N/A
Page: 3/13
Revisão: 0
Date: 07/09/2017
THE INFORMATION IN THIS DOCUMENT CAN NOT BE COPIED, SHARED AWAY OR USED FOR OTHERS MEANS EXCEPT THOSE CONTAINED IN THE CONTRACT TERMS

NOTA 01: CONSIDERAR QUE FILETES NÃO ESPECIFICADOS TÊM RAIO IGUAL A 2,0mm.

REV	DESCRIPTION	DRAW	DATE
0	Drawing elaboration	Juliana Sartori	07/09/2017

SECTION A-A

SECTION B-B

DETALHE C
ESCALA 2 : 5
FURAÇÃO TÍPICA PARA ENCAIXE
DO MOTOR MX-106T

ITEM	DESCRIÇÃO	MATERIAL
1.3	Chapa 608,8 x 300 x 2,7mm	Alumínio

SENAI FIEB
3R Brazilian Institute of Robotics

Draw Title: BASE - ITEM 1.3
Scale: 1:5
Quantity: 01
Project: PI-Ro 2.1
Size: A3
Notes: 1. All measurement in mm unless otherwise specified. 2. Remove cutting edge. 3. Default finishing
Tolerances: XXX ±0.001; XX ±0.01; X ±0.1; ∠ ±0.5
Draw: Juliana Sartori
Material: Alumínio
Finishing:
Aprov: Marco Reis
Thermal T: N/A
Page: 4/13
Revisão: 0
Date: 07/09/2017
THE INFORMATION IN THIS DOCUMENT CAN NOT BE COPIED, DISTRIBUTED OR USED FOR OTHERS MEANS EXCEPT THOSE CONTAINED IN THE CONTRACT TERMS.

REV	DESCRIPTION	DRAW	DATE
0	Drawing elaboration	Juliana Sartori	07/09/2017

VISTA FRONTAL

VISTA LATERAL

VISTA FRONTAL

VISTA LATERAL

ITEM	DESCRIÇÃO	MATERIAL
5	Chapa 305,4 x 145 x 2,7mm	Alumínio

SENAI FIEB

BIR Brazilian Institute of Robotics

Draw Title: BASE - ITENS 1.4 E 1.5			Escala: 1.2
			Quantity: --
Project: PI-Ro 2.1			Size: A3
Draw: Juliana Sartori	Material: Alumínio		Finishing:
Aprov: Marco Reis	Thermal T.: N/A		Page: 5/13
Date: 07/09/2017			

Notes:
1. All measurement in mm unless otherwise specified.
2. Remove cutting edge
3. Default finishing:

Tolerances:
xxx ±0.001
xx ±0.01
x ±0.1
∠ ±0.2

Revisão: 0

THE INFORMATION IN THIS DOCUMENT CAN NOT BE COPIED, SHEN-HANT OR USED FOR OTHERS MEANS EXCEPT THOSE CONTAINED IN THE CONTRACT TERMS.

REV	DESCRIPTION	DRAW	DATE
0	Drawing elaboration	Juliana Sartori	07/11/2016
A	Modificação de dimensões	Juliana Sartori	07/09/2017

VISTA SUPERIOR PLANIFICADA

VISTA ISOMÉTRICA

VISTA FRONTAL

VISTA SUPERIOR

NOTA 01: CONSIDERAR QUE FILETES NÃO ESPECIFICADOS TÊM RAIO IGUAL A 3.0mm.
NOTA 02: AS DIMENSÕES DE ABERTURA (156mm e 112,6mm) DEVEM SER MANTIDAS APÓS A REALIZAÇÃO DAS DOBRAS DO PERFIL.

SENAI FIEB
Federação das Indústrias do Estado de Minas
BIR Brazilian Institute of Robotics

Drawn Title: BRAÇO- ITEM 02			Escala: 1:2
			Quantity: 02
Project: PI-Ro 2.1			Size: A3
Notes: 1. All measurements in mm unless otherwise specified 2. Remove cutting edge 3. Default finishing	Tolerances:	Draw: Juliana Sartori	Material: Alumínio
		Approv: Marco Reis	Thermal/T: N/A
			Page: 6/13
Revisão: 0		Date: 07/09/2017	THE INFORMATION IN THIS DOCUMENT CAN NOT BE COPIED, GIVEN AWAY OR USED FOR OTHER MEANS EXCEPT THOSE CONTAINED IN THE CONTRACT TERMS

REV	DESCRIPTION	DRAW	DATE
0	Drawing elaboration	Juliana Sartori	07/11/2016
A	Modificação de dimensões	Juliana Sartori	18/11/2016

SECTION A-A

DETAIL F
SCALE 1 : 2

DETAIL C
SCALE 1 : 2

VISTA FRONTAL

VISTA DIREITA

DETAIL G
SCALE 1 : 2

VISTA ISOMÉTRICA

SECTION B-B

NOTA 01: CONSIDERAR QUE FILETES NÃO ESPECIFICADOS TÊM RAIO IGUAL A 2mm.

SENAI FIEB / BIR Brazilian Institute of Robotics	Draw Title: UNIDADE DE TRAÇÃO - ITEM 03		Scale: 1:2
			Quantity: 02
	Project: PI-Ro 2.1		Size: A3
Notes: 1. All measurement in mm unless otherwise specified 2. Remove cutting edge 3. Default finishing	Tolerances: xxx ±0.001 xx ±0.01 x ±0.1 ∠ ±0.2	Draw: Juliana Sartori	Material: Alumínio	Finishing:
		Approv: Marco Reis	Thermal T: N/A	Page: 7/13
Revisão: 0		Date: 07/09/2017	THE INFORMATION IN THIS DOCUMENT CAN NOT BE COPIED, GIVEN AWAY OR USED FOR OTHERS MEANS EXCEPT THOSE CONTAINED IN THE CONTRACT TERMS	

REV	DESCRIPTION	DRAW	DATE
0	Drawing elaboration	Juliana Sartori	07/09/2017

VISTA ESQUERDA

VISTA FRONTAL

VISTA DIREITA

VISTA ISOMÉTRICA

ITEM	DESCRIÇÃO	QTD	MATERIAL
4.9	Motor MX-28	05	--
4.8	Motor MX-106T-31	05	--
4.7	Garra- Chapa IV	05	Alumínio
4.6	Garra- Chapa III	05	Alumínio
4.5	Roldana externa	05	Borracha
4.4	Roldana interna	05	Alumínio
4.3	Eixo Roldana	05	Alumínio
4.2	Garra- Chapa I	10	Alumínio
4.1	Suporte garra	05	Alumínio

SENAI FIEB
Federação das Indústrias do Estado da Bahia
BIR Brazilian Institute of Robotics

Draw Title: CONJUNTO ROLDANA - ITEM 04 E ITEM 4.2
Scale: 1:2
Quantity: X
Project: PI-Ro 2.1
Size: A3
Notes: 1. All measurements in mm unless otherwise specified 2. Remove cutting edge 3. Default finishing
Tolerances: .xx±0.001 .xx±0.01 .x±0.1 ∠ ±0.2
Draw: Juliana Sartori
Material: Alumínio
Finishing:
Approv: Marco Reis
Thermal/T: N/A
Page: 8/13
Revisão: 0
Date: 07/09/2017
THE INFORMATION IN THIS DOCUMENT CAN NOT BE COPIED, GIVEN AWAY OR USED FOR OTHERS MEANS EXCEPT THOSE CONTAINED IN THE CONTRACT TERMS.

REV	DESCRIPTION	DRAW	DATE
0	Drawing elaboration	Juliana Sartori	07/09/2017

VISTA FRONTAL

VISTA DIREITA

VISTA INFERIOR

VISTA ISOMÉTRICA

SENAI FIEB

Brazilian Institute of Robotics

Draw Title: CONJUNTO ROLDANA ITEM 4.1

Scale: 2:1

Quantity: 05

Project: PI-Ro 2.1

Size: A4

Notes:
1. All measurement in mm unless otherwise specified
2. Remove cutting edge
3. Default finishing

Tolerances: xxx ±0.001, xx ±0.01, x ±0.1, ∠ ±0.2

Draw: Juliana Sartori

Material: Alumínio

Finishing:

Aprov: Marco Reis

Thermal T: N/A

Page: 9/13

Revisão: 0

Date: 07/09/2017

THE INFORMATION IN THIS DOCUMENT CANNOT BE COPIED, GIVEN AWAY OR USED FOR OTHERS MEANS EXCEPT THOSE CONTAINED IN THE CONTRACT TERMS.

REV	DESCRIPTION	DRAW	DATE
0	Drawing elaboration	Juliana Sartori	07/09/2017

VISTA FRONTAL

SECTION A-A

VISTA ISOMÉTRICA

SENAI FIEB Sistema Federação das Indústrias do Estado da Bahia / BR Brazilian Institute of Robotics	Draw Title: CONJUNTO ROLDANA ITEM 4.3		Escale: 2:1
			Quantity: 05
	Project: PI-Ro 2.1		Size: A4
Notes: 1. All measurement in mm unless otherwise specified. 2. Remove cutting edge 3. Default finishing	Draw: Juliana Sartori	Material: Alumínio	Finishing:
Tolerances: xxx ±0.001 xx ±0.01 x ±0.1 ∠ ±0.2	Agree: Marco Reis	Thermal T: N/A	Page: 10/13
Revisão: 0	Date: 07/09/2017	THE INFORMATION IN THIS DOCUMENT CANNOT BE COPIED, GIVEN AWAY OR USED FOR OTHERS MEANS EXCEPT THOSE CONTAINED IN THE CONTRACT TERMS.	

REV	DESCRIPTION	DRAW	DATE
0	Drawing elaboration	Juliana Sartori	07/09/2017

4.4

VISTA FRONTAL

SECTION A-A

VISTA ISOMÉTRICA

VISTA FRONTAL
ESCALA 1:1

SECTION B-B
ESCALA 1:1

VISTA ISOMÉTRICA

SENAI FIEB
Federação das Indústrias do Estado da Bahia
BIR Brazilian Institute of Robotics

Draw Title: CONJUNTO ROLDANA ITEM 4.4 E 4.5			Escala: 2:1
			Quantity: 05
Project: PI-Ro 2.1			Size: A3
Notes: 1. All measurement in mm unless otherwise specified. 2. Remove cutting edge 3. Default finishing	Tolerances: xxx ±0.001 xx ±0.01 x ±0.1 ∠ ±0.2	Draw: Juliana Sartori	Material: Alumínio	Finishing:
		Approv: Marco Reis	Thermal Tr: N/A	Page: 11/13
Revisão: N/A		Date: 07/09/2017	THE INFORMATION IN THIS DOCUMENT CAN NOT BE COPIED, SHARED AND USED FOR OTHERS PURPOSES EXCEPT THOSE CONTAINED IN THE CONTRACT TERMS.	

REV	DESCRIPTION	DRAW	DATE
0	Drawing elaboration	Juliana Sartori	07/11/2016
A	Modificação de dimensões	Juliana Sartori	18/11/2016

VISTA FRONTAL

VISTA DIREITA

VISTA ISOMÉTRICA

VISTA FRONTAL

VISTA DIREITA

VISTA ISOMÉTRICA

SENAI FIEB

Brazilian Institute of Robotics

Draw Title: CONJUNTO ROLDANA - ITENS 4.6 E 4.7			Escala: 1:2
			Quantity: 02
Project: PI-Ro 2.1			Size: A3
Draw: Juliana Sartori	Material: Alumínio		Finishing:
Agree: Marco Reis	Thermal T°: N/A		Page: 12/13
Revisão: 0	Date: 07/09/2017		

Notes:
1. All measurements in mm unless otherwise specified.
2. Remove cutting edge
3. Default finishing

Tolerances:
xxx ±0.001
xx ±0.01
x ±0.1
∠ ±0.2

THE INFORMATION IN THIS DOCUMENT CANNOT BE COPIED, SHARED AND USED FOR OTHER MEANS EXCEPT THOSE CONTAINED IN THE CONTRACT TERMS

REV	DESCRIPTION	DRAW	DATE
0	Drawing elaboration	Juliana Sartori	07/09/2017

5

VISTA FRONTAL

VISTA DIREITA

DETAIL A
SCALE 1 : 1

VISTA ISOMÉTRICA

VISTA INFERIOR

SENAI FIEB – Federação das Indústrias do Estado da Bahia; BIR Brazilian Institute of Robotics	Draw Title: HASTE CENTRAL - ITEM 5		Escale: 1:2
			Quantity: 01
	Project: PI-Ro 2.1		Size: A4
Notes: 1. All measurement in mm unless otherwise specified. 2. Remove cutting edge. 3. Default finishing	Draw: Juliana Sartori	Material: Alumínio	Finishing:
Tolerances: xxx ±0.001, xx ±0.01, x ±0.1, ∠ ±0.2	Aprov: Marco Reis	Thermat'T: N/A	Page: 13/13
Revisão: 0	Date: 07/09/2017	THE INFORMATION IN THIS DOCUMENT CANNOT BE COPIED, GIVEN AWAY OR USED FOR OTHERS MEANS EXCEPT THOSE CONTAINED IN THE CONTRACT TERMS.	

Apêndice C

Diagramas eletro-eletrônicos

Figura C.1: Esquemático Geral

Figura C.2: Esquemático - Smart Charger

Figura C.3: Esquemático - Placa de Gerenciamento de Energia

Figura C.4: Esquemático - NUC

Figura C.5: Esquemático - Phidgets

Figura C.6: Esquemático - STM32F401RE e FLIR LWIR Camera

Figura C.7: Esquemático - ZED Camera

Figura C.8: Esquemático - HUB dos Atuadores 1

Figura C.9: Esquemático - HUB dos Atuadores 2

Figura C.10: Esquemático - HUB dos Atuadores 3

Figura C.11: Placa de Alimentação dos Sensores de Proximidade

Apêndice D

Wireframes

Figura D.1: Dashboard - Main page

Figura D.2: Dashboard - Actuators Info Page

Apêndice E

Logbook

Apêndice F

Lista de componentes

ELIR project - BILL OF MATERIAL

							$3.60		
id	component	description	brand	part number	power/current	connection	unit cost [R$]	quantity	total cost [R$]
01	interface board		Phidgets	1019_1B	500mA (max)	USB	R$ 272.00	1	R$ 272.00
02	proximity sensor		ETT CO. Ltd	E18-D80NK npn	<25mA	Digital Output	R$ 29.00	5	R$ 145.00
03	temperature sensor		Texas Instruments	LM35	10mA	Analog Output	R$ 7.38	1	R$ 7.38
04	gps		Swift Navigation	Piksi 2.3.1	5V, 500mW	USB		1	R$ 0.00
05	imu		XSENS	Mti-1	44mW	USB		1	R$ 0.00
06	ultrassonic sensor		Maxbotix	EZ-1	5V, 2mA	Analog Output	R$ 107.82	1	R$ 107.82
07	current sensor		Phidgets	1122_0	5V, 10mA	Analog Output	R$ 106.02	3	R$ 318.06
08	lwir camera		FLIR	Lepton 1.0	140mW	I2C		1	R$ 0.00
09	bridge board I		STM	STM32F401 RE	160mA/0.64W	USB	R$ 49.79	1	R$ 49.79
10	bridge board II		STM	STM32L432	140mA/0.56W	USB	R$ 39.56	1	R$ 39.56
11	joint hub		Mandruvah	-	12V	RS485	R$ 25.20	3	R$ 75.60
12	servomotor I		Dynamixel	MX-28	1.4A/16.8W	RS485	R$ 900.00	5	R$ 4,500.00
13	servomotor II		Dynamixel	MX-106	5.2A/62.4W	RS485	R$ 1,800.00	13	R$ 23,400.00
14	adapter 485-usb							1	R$ 0.00
15	battery		Inspired Energy		89Wh/6,2Ah		R$ 879.98	2	R$ 1,759.97
16	power management board		-			USB	R$ 2,200.00	1	R$ 2,200.00
17	multiplex board		Inspired Energy	EB325A	15mA/0.36W	I2C	R$ 1,296.00	1	R$ 1,296.00
18	central processing		Intel	NUC515RYK			R$ 4,300.00	1	R$ 4,300.00
19	stereo camera		Stereolabs	ZED camera	380mA	USB	R$ 1,800.00	1	R$ 1,800.00
20	cabo usb								

Referências Bibliográficas

FITZPATRICK, P. *Perception and Perspective in Robotics*. Cambridge, MA, 2003. 2

GYVER, M. M. et al. *LeptonModule - Nucleo F401RE Driver*. Santa Barbara: [s.n.], 2017. Disponível em: ⟨https://github.com/groupgets/LeptonModule⟩. 4.1.1

MICHAELIS. *Percepção*. 2004. URL: http://michaelis.uol.com.br. 2

THORPE, C. et al. *Dependable Perception for Robots*. [S.l.], 2003. 2

TRANZATTO, M. et al. *ethz piksi ros*. Zurique: [s.n.], 2018. Disponível em: ⟨https://github.com/ethz-asl⟩. 4.2.4